

PROYECTO MINA DE COBRE PANAMÁ

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EsIA) CATEGORIA III

PLAN DE MONITOREO MARINO COSTERO

Compromisos de EsIA Aplicables	Versión N°	Elaborado por	Fecha de Emisión
13107, 13217 13234. 13371	2.0	MINERA PANAMÁ S.A.	09/10/2020

1. Monitoreo Marino Costero

El proyecto incluye instalaciones portuarias, las cuales permitirán la carga del concentrado de cobre y la descarga del carbón que está asociado con el funcionamiento de la central termoeléctrica. También se utiliza agua de mar para el enfriamiento de el vapor utilizado en la central termoeléctrica generando un cambio de temperatura en la zona de mezcla de 100 m. señalada en el EsIA Cat III. Dado lo anterior es que se define un Programa de Monitoreo sobre los efectos en la vida subacuática presentes cercanos al sitio de descarga y carga de agua de mar, así como en en otros sectores de la bahía con miras a preservar, evitar el deterioro y dar continuidad al desarrollo de la vida subacuática en la zona.

Un planteamiento efectivo para lograr muchos de estos objetivos específicos durante la construcción y operaciones del puerto es a través del uso de un programa de Monitoreo de Efectos Ambientales (EEM, *por sus siglas en inglés*). Este es un planteamiento bien documentado y generalmente aceptado para el monitoreo del impacto biológico y esta siendo también implementado para el ecosistema de agua dulce en la Mina.

El programa EEM es un planteamiento de monitoreo sobre una base biológica desarrollado en Canadá que generalmente depende en un diseño experimental BACI y se lleva a cabo de manera que permite el análisis estadístico de los cambios con el paso del tiempo. El diseño incluye los sitios de referencia, al igual que ubicaciones de campo-cercano (cerca de ubicaciones expuestas) y de campo-lejano. Para el Proyecto Mina de Cobre Panamá, el programa incluirá:

- Monitoreo de la calidad del agua (química del agua).
- Monitoreo de la calidad (química de los sedimentos) y estructura de los sedimentos (tamaño de las fracciones del sedimento).
- Evaluación de la estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos (bentos marinos) en fondos blandos.
- Evaluación de la estructura de los peces, al igual que la presencia y densidad estimada del pez león.

- Monitoreo de las concentraciones de metales en el tejido de los peces.
- Monitoreos de arrastre de ictioplancton e impacto de peces e invertebrados en la toma de agua de mar del sistema de agua de enfriamiento de la Planta de Energía.
- Monitoreo de Rompeolas.

Objetivos

Los objetivos del monitoreo marino incluyen:

- Cumplir con los compromisos EsIA para el monitoreo de los impactos sobre el componente biológico durante la operación del puerto.
- Modelar y monitorear el ruido en el ambiente marino para la protección de mamíferos marinos y tortugas
- Monitorear el hábitat crítico, especialmente el substrato del hábitat de fondo duro dentro y alrededor de la huella del proyecto.
- Evaluar la efectividad de los controles ambientales durante las operaciones, específicamente alrededor de la desembocadura de las aguas de refrigeración de la planta de energía y alrededor de las instalaciones portuarias, a través del monitoreo de las condiciones químicas, biológicas y físicas
- Apoyar la actualización de los inventarios biológicos dentro del área del proyecto especificados por los compromisos del EsIA.

Sitios de Muestreo

El diseño incluirá las ubicaciones de referencia, al igual que las ubicaciones de campo-cercano (ubicaciones cercanas a la exposición) y de campo-lejano. El término “área de campo-cercano” se refiere a las ubicaciones de muestreo que se encuentran lo más cerca posible a las operaciones, pero fuera de cualquier zona inicial mixta. La zona inicial mixta es el área donde las descargas provenientes del sitio (por ejemplo, las descargas de agua de refrigeración de la planta de energía) se mezclan por completo con el ambiente marino receptor. Las áreas de campo-lejano se deben ubicar en lugares que se crean que definen el espacio de cualquier efecto potencial

observado en el campo-cercano. Las áreas de referencia deben estar cerca del área, pero fuera de cualquier cambio potencial debido a las operaciones.

1.1 Calidad del agua

El monitoreo marino considera la evaluación de las condiciones químicas, físicas y biológicas del agua del mar.

Objetivos

Los objetivos para el monitoreo de calidad de agua de mar incluyen:

- Cumplir con los compromisos del EsIA para el monitoreo de la calidad del agua de mar.
- Evaluar cambios estacionales y posibles efectos en la calidad en el tiempo producto de actividades de operación del proyecto Cobre Panamá.

Sitios de Muestreo

Los Sitios de monitoreo de calidad de agua se presentan en la Tabla 1.

Parámetros Medidos

Los parámetros del monitoreo por cumplimiento para las aguas del mar se exponen a continuación:

- Fisico-químicos de campo: temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, TDS, turbidez, salinidad, transparencia.
- Físicos (lab): total de sólidos disueltos (TDS), TSS
- Biológicos: DBO, Demanda Química de Oxígeno (COD)
- Nutrientes: nitratos, nitritos, amoniacos, y total de nitrógeno y fósforo
- Iones comunes: SO4, Cl2, Mg, Ca, K, Na, F, S
- Orgánicos: aceite y grasa, hidrocarburos totales, carbón orgánico total
- Cianuro total
- Metales totales: Ag, Al, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Zn

Se realizará un monitoreo cada 2 meses de columna de agua (a 1 m., 5m. y 10m. de profundidad) en los siguientes puntos: para los puntos MW-E10-001, MW-E20-001 y MW-T1-001, para ello se monitorearán los siguientes parámetros: temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, TDS, turbidez, salinidad, transparencia.

Tabla 1. Sitios de Monitoreo Calidad Agua, Sedimentos y Biota Marina

#	Nombre	Tipo de Punto	Coordenadas		Descripción	Tipos de Monitoreo
			Este	Norte		
1	HB-R3-001	Punto de Monitoreo Lejano	532441	997509	Fondo duro-blando profundo	Calidad de agua, sedimentos, biota, hábitat de fondo duros y blandos, estudio de peces.
2	HB-R33-001	Punto de Monitoreo Lejano	532520	997707	Fondo duro-blando profundo	Calidad de agua, sedimentos, biota, estudio de fondos duros y blandos, estudio de peces.
3	HB-CE-001	Punto de Monitoreo Cercano	534011	997519	Fondo blando somero	Calidad de agua, sedimentos, biota, estudio de Comunidades de fondos blandos.
4	HB-R12-001	Punto de Monitoreo Cercano	533301	996970	Fondo duro-blando somero	Calidad de agua, sedimentos, biota, estudio de comunidades de fondos duros y blandos, estudio de peces
5	HB-R15-001	Punto de Monitoreo de Referencia	533331	996560	Fondo duro-blando somero	Calidad de agua, sedimentos, biota, estudio de comunidades de fondos duros y blandos, estudio de peces
6	HB-R18-001	Punto de Monitoreo de Referencia	533049	996196	Fondo duro-blando somero	Calidad de agua, sedimentos, biota, estudio de comunidades de fondos duros y blandos, estudio de peces
7	HB-T1-001 ó MW-T1-001	Control de temperatura a 100 m de la descarga	533237	997336	Fondo blando	Calidad de agua, sedimentos, biota, estudio de comunidades de fondos blandos, estudio de peces. Calidad de agua (cada 2 meses)
8	HB-E20-001	Control para terminal T2	533383	997571	Fondo blando	Calidad de agua, sedimentos, biota, estudio de comunidades de fondos blandos, estudio de peces
9	HB-E4-001	Punto de control al oeste	534871	997981	Fondo blando	Calidad de agua, sedimentos, biota, estudio de comunidades de fondos blandos, estudio de peces
10	HB-E10-001 ó MW-E10-001	Punto de control al oeste	532295	995729	Fondo blando	Calidad de agua, sedimentos, biota, estudio de comunidades de fondos blandos, estudio de peces. Calidad de agua (cada 2 meses)
11	MW-E21-001	Interior de Rompeola	533318	997207	Fondo blando	Calidad de agua (cada 2 meses)

Equipo Requerido y Metodología

Se utilizaran sondas multiparamétricas para los componentes físicos, que deben ser calibradas antes de la toma de datos. Después de cada muestreo, los electrodos deben ser lavados con agua destilada, y la sonda verificada al inicio de cada día de muestreo.

Las medidas de los parámetros físico-químicos de campo serán tomadas en la columna de agua (a 1 m., 5m. y 10m. de profundidad). Las muestras de agua serán tomadas en la superficie del agua (1m. de profundidad).

Los análisis químicos, físicos y microbiológicos se realizarán de acuerdo al Manual "Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater".

Manejo de Datos e Informes

Los datos se incluirán en una base de datos. Los informe semestrales de calidad de agua serán entregados por separado del informe de Biota acuático. Sólo los paremetros físico químicos que forman parte del EEM serán presentados en el segundo informe semestral junto al Monitoreo de Biota acuática.

1.2 Calidad de los Sedimentos

La calidad de los sedimentos marinos será incluida como parte del programa de Monitoreo de los Efectos Ambientales (EEM). Además, existen requisitos específicos en el EsIA asociados con el monitoreo de sedimentos.

Objetivos

Los objetivos para el monitoreo de sedimentos marinos incluyen:

- Cumplir con los compromisos del EsIA para el monitoreo de la calidad de los sedimentos.
- Asegurar la efectividad de los procedimientos de manejo para limitar los cambios en los sedimentos producto de la sedimentación y otros impactos que pudiesen ser ocasionados por la operación de la Mina de Cobre Panamá.

Sitios de Muestreo

El programa EEM establecido para el ambiente marino incluye un muestreo de sedimentos en conjunto con el monitoreo biológico. Los sitios de muestreo son presentados en la tabla 1.

Parámetros Medidos

Los sedimentos marinos en el área pueden ser impactados por: aumento en la sedimentación y una posible alteración producto de la operación del proyecto Cobre Panamá. Con el fin de monitorear estos impactos potenciales, la lista de análisis es:

- Metales totales: mínimo Ag, Al, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mo, Mn, Ni, Pb, Se, Sb, Zn.
- Carbón orgánico total, Hidrocarburos totales.
- Distribución del tamaño de las partículas (granulometría)
- pH

Equipo Requerido y Metodología

Se puede utilizar un muestreador de agarre ('grab sampler' en Ingles) para recolectar sedimentos. Se enfocará en recolectar los primeros 5 cm de sedimento de manera que los cambios debidos a las operaciones de la mina y el puerto puedan ser observados. Se puede utilizar diferentes tipos de muestreadores de sedimentos incluyendo: Van Veen, Ekman, o Smith McIntrye. Los sedimentos recogidos serán colocados en una botella limpia de polietileno o una bolsa limpia ziploc. Las muestras deberán estar correctamente etiquetadas y almacenadas para ser enviada al laboratorio. Cada sitio de muestreo necesitará muestras separadas (pueden ser tomadas de una sola toma) para análisis químicos (metales, carbono orgánico e hidrocarburos) y para distribución del tamaño de las partículas.

El equipo de muestreo debe ser de acero inoxidable o con revestimiento de teflón, y debe pasar un proceso de purificación antes de cambiar de sitio de muestreo. La purificación se debe hacer

lavando el equipo con detergente libre de fosfato, seguido por varios enjuagues con agua libre de analito, o sumergiendo repetidas veces el equipo en el agua del océano antes de recoger la siguiente muestra.

El control de calidad de sedimentos debe incluir la recolección de una fracción de campo (una muestra a parte de una sola toma de muestra para el análisis químico) y una réplica de campo (una muestra a parte del mismo lugar tomada esencialmente al mismo tiempo). Se debe recolectar una muestra de fracción de campo y una réplica del campo durante cada evento de muestreo.

Manejo de Datos e Informes

Los análisis de calidad de agua y sedimentos que son parte del EEM serán tomados en el monitoreo realizado en septiembre-octubre (el monitoreo se realiza a finales de septiembre o inicios de octubre, ya que depende del clima) y presentados en conjunto con el monitoreo de Biota acuática y entregado en el segundo informe semestral del EEM.

1.3 Monitoreo del Hábitat del Fondo Duro

Objetivos

Los principales objetivos para el monitoreo del substrato de fondo duro son:

- Cumplir con los compromisos EsIA para el monitoreo de este tipo de hábitat.
- Evaluar si los mecanismos de control establecidos (por ejemplo, el control de sedimentos y operaciones portuarias) son efectivos para la protección del hábitat cercano a las operaciones.
- Apoyar los requisitos en EsIA para actualizar los inventarios de referencia cada cinco años.

Sitios de Monitoreo

La Figura 1 muestra las ubicaciones del substrato cercano a las instalaciones del puerto que fueron identificados en la línea base del EsIA. Como se muestra, existen muchos substratos localizados cerca de las instalaciones del muelle previstas a una profundidad de entre 5 y 10 m. Estos substratos son rocas que sustentan fauna de arrecifes, pero no son a base de arrecife coralino. Otros substratos de fondo duro están ubicados aproximadamente a 600 – 1000 m de distancia de las instalaciones portuarias y a profundidades entre 20 y 30 m (hábitat profundo). Existen hábitats profundos mucho más extensos ubicados al este y oeste del puerto.

En general, el hábitat disponible, especialmente el tipo a menor profundidad, es muy limitado en el área. También se debe reconocer que las compensaciones previstas están dirigidas a mitigar todo el hábitat poco profundo, aunque muchos de los substratos que se muestran en la Figura 1 no se verán afectados directamente por la construcción de las instalaciones del puerto.

Por lo tanto, el monitoreo necesario es bastante limitado e involucra:

1) El establecimiento de puntos para monitoreo fotográfico en algunas ubicaciones seleccionadas tanto en substratos de poca profundidad como los de fondo duro en lo más profundo.
2) Supervisar el uso de rocas colocadas en el ambiente (por ejemplo, el rompeolas) como parte del desarrollo de las instalaciones portuarias.

Los sitios de monitoreo de los substratos de aguas poco profundas son R12, R15, y R18 (Figura 2) y para aguas profundas son R3 y R33. Y los sitios de monitoreo sobre el rompeolas son R01, R02; R03; R04, R05, R06, R07 (Figura 3).

Parámetros del Monitoreo y Metodología

En cada sitio de monitoreo somero y profundo se establece un transecto lineal fijo paralelo a la costa de 40 m de largo por 1 m de ancho, subdividido en tres tramos de 10 m de largo. Cada tramo de 10 m separado entre sí por 5 m. Para delimitar dicho transecto, se utilizaron en el año 2015 varillas de hierro, las cuales fueron enterradas al inicio y fin de cada transecto como marca

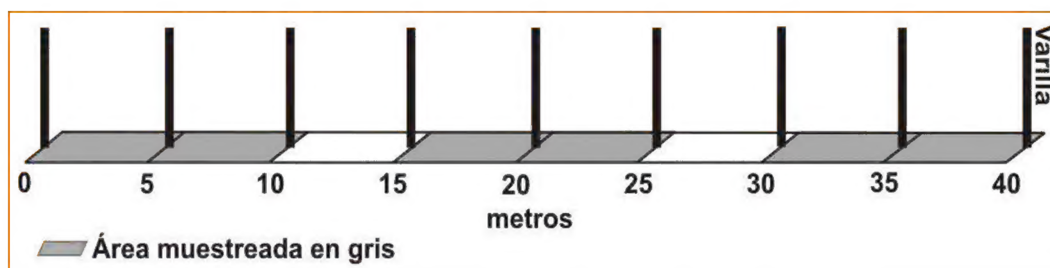
permanente para los eventos de monitoreo en esos puntos; adicionalmente, dentro de cada transecto también se colocó varillas de hierro, cada 5 m para facilitar la ubicación y orientación durante los muestreos.

En estos sitios, se tomarán ya sean videos o fotografías subacuáticas. Los videos y fotografías serán utilizados para evaluar las tendencias al paso del tiempo en esas ubicaciones.

Las métricas que se analizarán incluyen:

- Porcentaje de cobertura de los organismos del arrecife, incluyendo la cobertura del coral y la densidad de las colonias coralinas.
- Tipos y diversidad de los organismos del arrecife en el substrato.
- Porcentaje de la cobertura por algas.
- Uso observado del substrato por parte de los peces y otros organismos móviles.

Se cuantifica mediante una cuadrata de 1 m2 sujeto por una base el porcentaje de cobertura (por m2) de algas, algas incrustantes, corales, octocorales, esponjas e invertebrados. Se debe hacer una secuencia de fotos de cada cuadrata, que servirán para la evaluación de las tendencias con el paso del tiempo en estas ubicaciones y para verificar en el laboratorio el uso del sustrato por parte de peces y otros organismos móviles.



Esquema que demuestra cómo fueron marcados los transectos utilizados en el monitoreo de Fondo Duro. Las áreas grises corresponden a los tres segmentos de 10m² en dónde se realizaban las mediciones.

Figura 1. Hábitat de Fondo Duro Cercano al Puerto

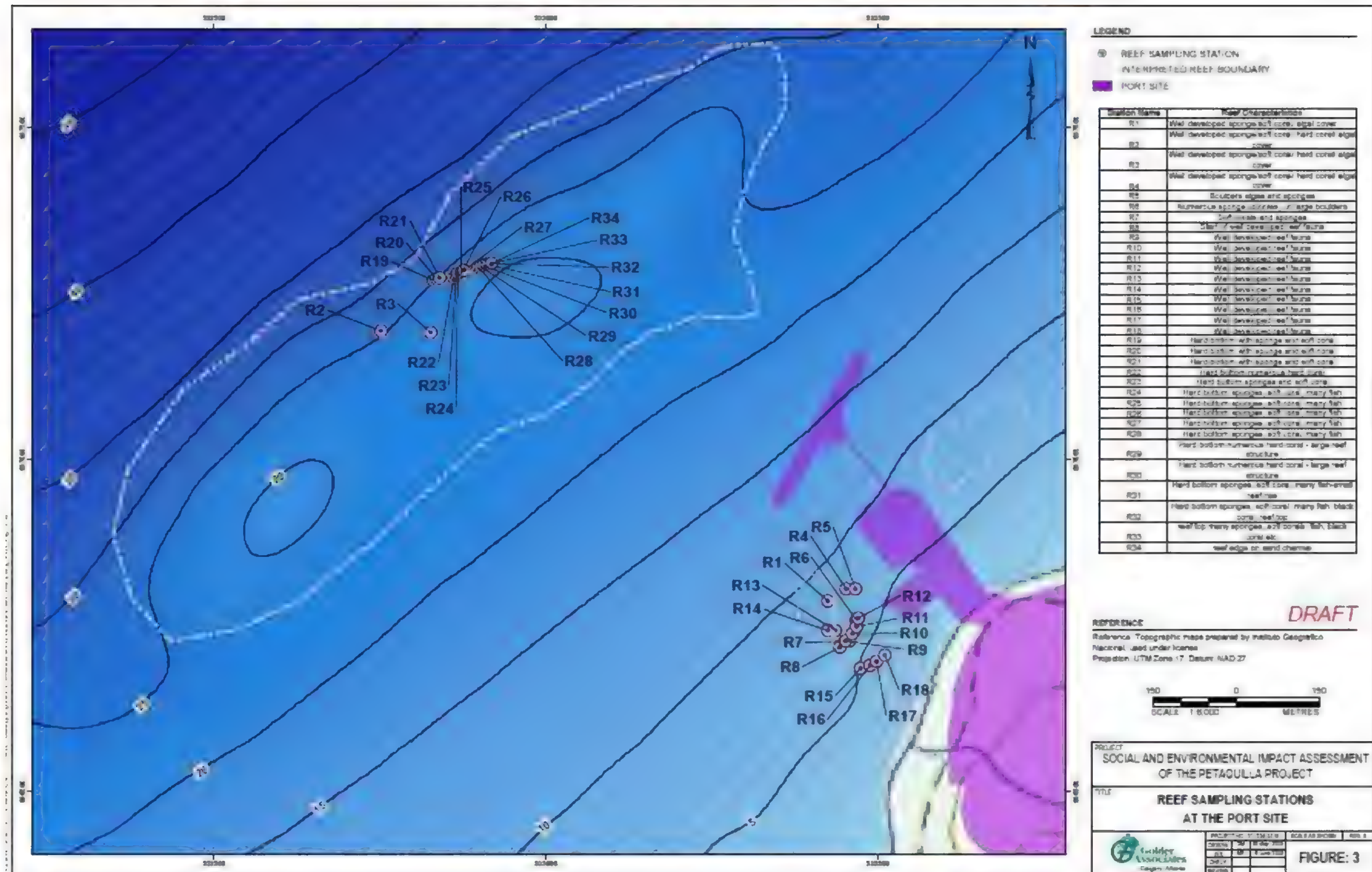
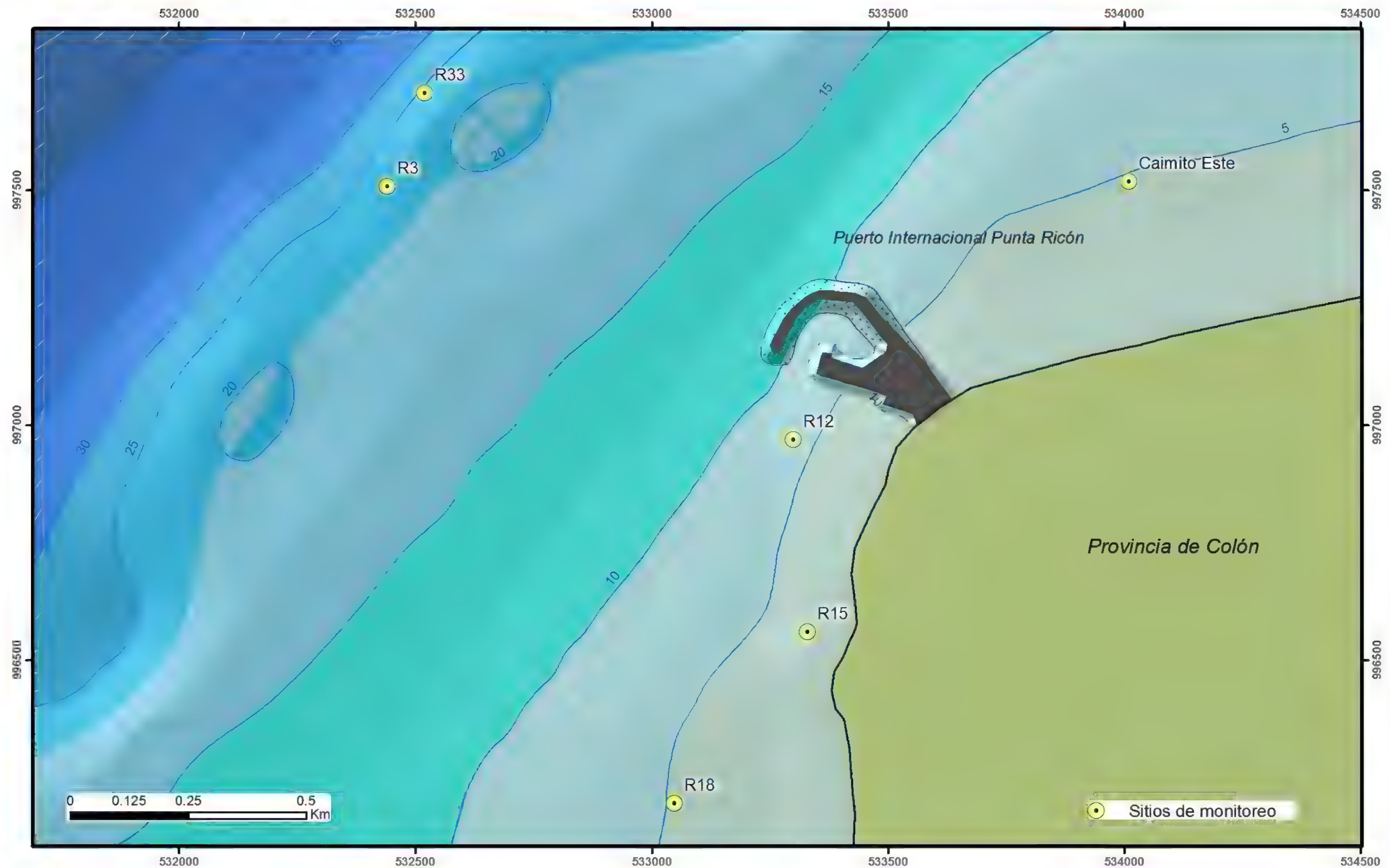


Figura 2. Sitios de Monitoreo Marino Costero



1.4 Monitoreo del rompeolas

El EsIA del Proyecto identificó que la construcción de las instalaciones portuarias dará como resultado el impacto a aproximadamente 0.5 hectáreas de hábitat de fondo duro. Este hábitat no es un arrecife de coral sino rocas que han sido colonizadas por los corales, esponjas, tunicados y otros taxones.

Los muestreos en el rompeolas del puerto en Punta Rincón son parte de un estudio específico para valorar estas nuevas áreas como hábitats artificiales. Se han seleccionado siete sitios de muestreo o transectos de control (RO1 a RO7), situados en la parte externa e interna del rompeolas y distribuidos de forma reprsentativa en toda su longitud (Figura 3).

El rompeolas tiene una estructura submarina de gran complejidad con grietas, agujeros y salientes, exactamente el tipo de hábitat conocido para atraer a un conjunto diverso de especies e incrementar la diversidad biológica local (Broughton 2012). Como tal, el rompeolas en el sitio del puerto está proporcionando el tipo de hábitat necesario para compensar la pérdida de la zona de fondo duro afectada por el proyecto.

El rompeolas es de aproximadamente 600 metros de largo y 100 metros de ancho en la base. La profundidad del agua varía de aproximadamente 4 metros a 15 metros. Para la mayor parte de la longitud de la estructura, la profundidad del agua es de al menos 10 m. Por lo que podemos asumir que proporciona al menos 2 (lados) * 600 m (longitud) * 10 m (profundidad) = 12.000 m2 o 1.2 hectáreas de una estructura dura. Esto es sustancialmente mayor que el área de fondo duro a ser afectado por la construcción del puerto. Además, la estructura se extiende por toda la columna de agua desde la superficie del mar hasta el fondo, que proporciona un mayor número de especies, incluyendo tanto especies pelágicas y peces demersales.

Parámetros de Monitoreo y Metodología

Para el monitoreo del rompeolas se realizan los mismos muestreos que en el hábitat de fondo duro y comunidades de peces, con la misma metodología descrita en el apartado anterior, centrando los trabajos en la determinación de las siguientes variables:

- Porcentaje de cobertura de los organismos del arrecife, incluyendo la cobertura del coral y la densidad de las colonias coralinas.
- Tipos y diversidad de los organismos del arrecife en el substrato.
- Porcentaje de la cobertura por algas.
- Composición y abundancia de peces.

Al igual que en el muestreo biológico en fondo duro, se ha cuantificado (utilizando una cuadrata de 1 m^2) el porcentaje de cobertura (%) de algas, algas incrustantes, corales, octocorales, esponjas e invertebrados, así como fotografía y vídeo submarino de cada sitio de muestreo en la parte interna del rompeolas o puerto de abrigo (RO4, RO5, RO6) y otra en la parte externa del mismo (RO1, RO2, RO3, RO7).

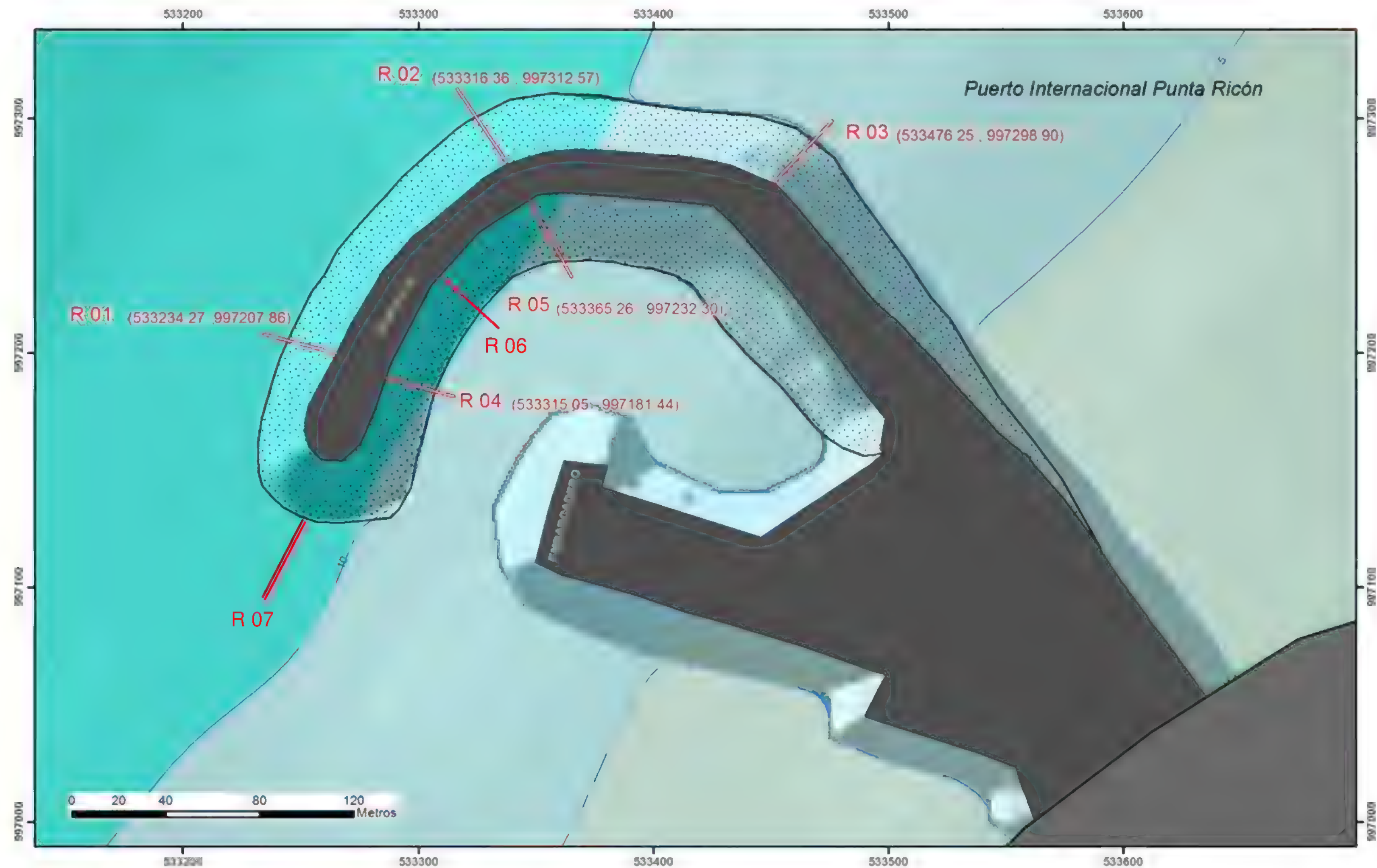
Igualmente, se tomaron muestras de agua en dos sitios para análisis químicos con los mismos parámetros que en el monitoreo de calidad de agua descrito en la sección 1.1, uno en la parte interna del rompeolas o puerto de abrigo (RO5) y otra en la parte externa del mismo (RO3).

Existen protocolos para usar software para cuantificar video (por ejemplo, Rogers et al. 2003) o se puede usar un planteamiento semi-cuantitativo para evaluar las tendencias al paso del tiempo en los sitios de monitoreo.

Tabla 2. Puntos de Monitoreo sobre el Rompeolas

#	Nombre	Coordenadas		Descripción	Tipos de Monitoreo
		Este	Norte		
1	RO1(HB-RO1-001)	533234	997207	Sobre Rompeolas-parte externa	Biota, hábitat de fondo duro, estudio de peces.
2	RO2 (HB-RO2-001)	533316	997312	Sobre Rompeolas-parte externa	Biota, hábitat de fondo duro, estudio de peces.
3	RO3 (HB-RO3-001)	533476	997298	Sobre Rompeolas-parte externa	Calidad de agua, Biota, Estudio de Comunidades de fondos duros, estudio de peces.
4	RO4 (HB-RO4-001)	533480	997310	Sobre Rompeolas-parte interna	Biota, hábitat de fondo duro, estudio de peces.
5	RO5 (HB-RO5-001)	533315	997181	Sobre Rompeolas-parte interna	Calidad de agua, Biota, Estudio de Comunidades de fondos duros, estudio de peces
6	RO6 (HB-RO6-001)	533365	997232	Sobre Rompeolas-parte interna	Biota, hábitat de fondo duro, estudio de peces.
7	RO7 (HB-RO7-001)	533371	997244	Sobre Rompeolas-parte externa	Biota, hábitat de fondo duro, estudio de peces.

Figura 3. Sitios de Monitoreo Sobre el Rompeolas



1.5 Biología Marina

El monitoreo de biología marina se enfocará en dos aspectos principales: 1) el establecimiento de un programa de Monitoreo de Efectos Ambientales (EEM, *por sus siglas en inglés*), y 2) el monitoreo operacional de tortugas y mamíferos marinos en las instalaciones portuarias.

1.5.1 Monitoreo del Impacto sobre la Flora y Fauna

El monitoreo de la flora y fauna marina, en este plan, se enfoca en el área inmediata al proyecto.

Parámetros Medidos

El programa EEM hará una evaluación sobre una base biológica del estado de las comunidades marinas en el área de interés. Se enfocara principalmente en las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y la evaluación de la estructura de los peces, al igual que la presencia y densidad estimada del pez león, en conjunto con la medida de apoyo para las condiciones químicas y físicas que se necesitan para apoyar la interpretación de los datos biológicos.

Especies indicadoras

El concepto de estado ecológico difiere sensiblemente del concepto de calidad del agua que se ha venido utilizando tradicionalmente, ya que mientras la calidad del agua expresa la mayor o menor potencialidad o aptitud del agua para dedicarla a un uso determinado (bebida, baño, riego, etc.), el estado ecológico es una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas asociados a las aguas marinas.

Para evaluar el estado ecológico de un agua marina se emplean dos tipos de elementos (físico-químicos y biológicos) que en su conjunto describen cómo se comporta el ecosistema acuático frente a posibles impactos y si se han produjo cambios en su estructura o funcionamiento como consecuencia de los mismos. A su vez, cada uno de estos elementos viene representado por uno o varios índices de calidad.

En el programa de monitoreo marino costero cercanos al sitio de descarga y carga del agua de mar en el puerto de Punta Rincón se emplean, por un lado, los análisis basados en indicadores ambientales que tienen en cuenta cambios estructurales de las comunidades biológicas (número de especies, diversidad, etc) o de la concentración de determinados compuestos químicos, para evaluar posibles alteraciones en la calidad del agua. Los estudios que se realizan de los indicadores ambientales incluyen:

Estudios de comunidades biológicas de fondos duros y blandos, incluyendo a comunidades de corales, bentos y peces en diferentes ecosistemas.

Estudios de comunidades biológicas de fondos duros y blandos, incluyendo a comunidades de corales, bentos y peces en la parte interna y externa del rompeolas.

Por otro lado, se utilizan los índices de calidad que se basan en el empleo de especies indicadoras, así como características del medio en el que habitan y, especialmente, en su sensibilidad a determinados efectos ambientales visibles macroscópicamente o microscópicamente. Proporcionan una información cuantitativa sobre la contaminación de los ecosistemas acuático y permiten evaluar directamente el impacto ambiental de las actividades humanas.

De esta forma, en el programa de monitoreo marino costero se viene empleando de forma particular desde el año 2016 especies indicadoras del grupo del bentos marino.

Para este grupo y sus especies indicadoras, se ha utilizado el programa AMBI que calcula el BC o Indice Biótico Marino de Azti. Este índice, desarrollado en el año 2000 por el Centro Tecnológico AZTI-Tecnalia, y que ya ha tenido varias actualizaciones, está basado en paradigmas ecológicos que permiten establecer la calidad ecológica de las costas y estuarios a través de la asignación de las especies de los fondos marinos a uno de los cinco grupos ecológicos.

Incorpora un análisis multi-variante (M-AMBI) para el cálculo del estado ecológico en el medio marino para el índice IB. Estas herramientas exploran la respuesta de las especies indicadoras del bentos a los cambios naturales y humanos en la calidad del agua, integrando condiciones medioambientales a largo plazo. Además de calcular el BC e IB, este programa representa gráficamente los datos y exporta los resultados. AMBI incluye más de 6.500 especies indicadoras representativos de las comunidades más importantes presentes en los estuarios y sistemas costeros de Europa, desde el Mar del Norte al Mediterráneo, e incluso de Norteamérica, Centroamérica, Sudamérica y sudeste asiático.

Esta clasificación se basa en la sensibilidad de las especies indicadoras a un gradiente creciente de estrés, dividiendo a los organismos en cinco grupos:

Grupo I: Especies muy sensibles al enriquecimiento orgánico y que se encuentran presentes en condiciones de ausencia de contaminación. Incluyen especies carnívoras especialistas y algunos Poliquetos tubícolas detritívoros (estado ecológico inicial).

Grupo II: Especies a las que no les afecta en gran medida el enriquecimiento orgánico, siempre están presentes en bajas densidades sin variaciones significativas en el tiempo (desde el estado inicial a levemente desequilibrado).

Grupo III: Especies tolerantes al exceso de materia orgánica. Estas especies pueden aparecer en condiciones normales, pero sus poblaciones aumentan con el enriquecimiento orgánico (circunstancias ambientales levemente desequilibradas). En estos ambientes abundan las especies detritívoras y Poliquetos de la familia Spionidae.

Grupo IV: Especies oportunistas de segundo orden que aparecen en ambientes con episodios de contaminación importantes. Principalmente son Poliquetos de pequeño tamaño y depositívoros subsuperficiales como los Cirratúlidos.

Grupo V: En áreas con pronunciados desequilibrios, contaminación elevada, suelen encontrarse especies oportunistas de segundo orden. Organismos detritívoros, que proliferan en sedimentos reducidos.

Asimismo, dentro de las especies indicadoras, se viene empleando al pez león para analizar la tendencia y capacidad de colonización de esta especie invasora en el medio marino, en donde se comprueba en cada comunidad de fondos duros y blandos y en las zonas internas y externas del rompeolas su densidad y evolución temporal.

1.5.2 Estudio de ictioplancton en el intake

Objetivo

- Cumplir con los compromisos EsIA, y la resolución de aprobación del permiso de descarga, para el monitoreo de los impactos sobre el componente biológico durante la operación del puerto.

Parámetros Medidos y Metodología

El estudio se ha centrado en la composición y abundancia de huevos y larvas de peces. Desde el punto de vista metodológico, se realizan dos arrastres verticales (IN-1 e IN-2) con una red tipo bongo de 500 micras, separados entre sí 15 minutos.
Para el cálculo del volumen filtrado, se empleó la siguiente fórmula:
VF (m3) = π * m * d2 * v

Donde VF es el agua filtrada en m3, π es la constante de 3,1416, m la distancia vertical recorrida por la red en m y v la velocidad estimada en m/s. Una vez se analizan las muestras, los valores independientes de larvas y huevos se estandarizan a un volumen de 10 m2 de superficie marina teniendo en cuenta la distancia de arrastre y de acuerdo con las recomendaciones de Smith y Richardson (1978).

1.5.3 Metales en peces

Objetivo

Con el fin de evaluar si las operaciones están desplazando metales se llevará a cabo un muestreo en dos puntos aleatoreos para análisis del tejido de pez león (*Pterois antennata*), a partir de las capturas de ejemplares.

Parámetros Medidos y metodología

Los metales analizados en los ejemplares de pez león son los siguientes: Al, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, V y Zn.

Las muestras de pez león se deben lavar previamente con agua desionizada, los tejidos musculares se deben extraer con un utensilio limpio de teflón. Los cortes deben introducirse en bolsas de polietileno, estar correctamente identificadas y almacenadas en neveras refrigeradas hasta su entrega al laboratorio que analizara las muestras.

Manejo de datos e Informes

Los datos se incluirán en una base de datos, y los informes de los componentes del Monitoreo de Biología Marina se presentaran semestralmente.

1.5.4 Monitoreo de Ruido Submarino

Aunque el monitore de Ruido Submarino no es parte del EEM, se ha agregado a este plan debido a que es parte del Monitoreo Marino Costero.

Objetivos

- Cumplir con los compromisos del EsIA para el monitoreo de los impactos del ruido sobre los mamíferos marinos.
- Supervisar la efectividad de las medidas de mitigación y operaciones.

El ruido subacuático generado por las actividades de tráfico de embarcaciones, construcción, sonar y voladuras pueden afectar el comportamiento, fisiología y supervivencia de los mamíferos marinos, incluyendo las especies identificadas en el área del proyecto: el delfín nariz de botella, *Tursiops truncatus,* y el delfín manchado, *Stenella atenuata*. Por lo tanto, el ruido creado por el funcionamiento del puerto necesita ser supervisado en relación con los umbrales de sensibilidad en la audición de estas especies.

Sensibilidad al Ruido Subacuático de los Mamíferos Marinos

Los impactos del ruido subacuático en los mamíferos marinos están relacionados con la frecuencia, intensidad y duración de la fuente de sonido, los rangos de sensibilidad auditiva según la especie y la proximidad del animal a la fuente de sonido.

Tanto los defines nariz de botella como los manchados están considerados como cetáceos de mediana frecuencia con rangos auditivos entre 150 Hz y 160 kHz, pero con una máxima sensibilidad entre 10 y 100 kHz. Con base en una revisión exhaustiva de los estudios de la sensibilidad auditiva de los mamíferos marinos, Southall et al. (2007) desarrollaron criterios de lesiones para los mamíferos marinos en todos los grupos de audición. Para los cetáceos de mediana frecuencia, los niveles de exposición de sonido para los criterios de lesiones (por ejemplo, niveles de ruido que podrían causar cambios temporales en el umbral de audición) son los siguientes:

- Pulsos individuales y múltiples: 198 dB re 1μPa^2-s
- Sonidos continuos: 215 dB re 1μPa^2-s

En la EsIA se consideraron muchas fuentes de sonido asociados con la construcción y las operaciones del puerto para determinar los impactos potenciales del ruido en las comunidades locales costeras, incluyendo el ruido de las embarcaciones y la instalación de pilotes, el tráfico entrante y saliente de embarcaciones, al igual que muchas otras fuentes.

La conversión de los niveles de sonido en el aire para el agua, establecidos en EsIA (Golder 2010; Anexo XV en el EsIA), requiere de una corrección de una diferencia de 63 dB para el sonido en el agua. Por ejemplo, el EsIA estima que el nivel de sonido asociado con la instalación de pilotes es aproximadamente de 127 dB, que se convertiría en 190 dB en el agua, similar a los niveles que podrían causar trastornos de comportamiento y cambios temporales en los umbrales de audición en los cetáceos de frecuencia mediana. La Tabla 1 muestra los niveles de sonido en el aire *versus* los niveles en el agua de las emisiones de ruido asociadas con la operación del puerto que son relevantes para los mamíferos marinos del área.

Tabla 3. Fuentes de emisión de ruido asociadas con las operaciones del puerto

Las fuentes de emisión de ruido asociadas con las operaciones del puerto y sus niveles estimados de sonido en el aire (Golder 2011) convertidos a sus niveles equivalentes en el agua. Los niveles seguros para la audición de los mamíferos marinos generalmente son por debajo de 180 dB, y los umbrales de lesiones para los cetáceos de frecuencia mediana (por ejemplo, las especies de mamíferos marinos en el área del proyecto) son de 198 dB por pulso de ruido y de 215 para el ruido continuo.

Fuente	**Tipo**	**dB en el aire**	**dB en el agua**
Barcazas	continuo	136	199
Embarcaciones	continuo	117	180
Ingesta de agua de mar de la planta de energía	continuo	121	184

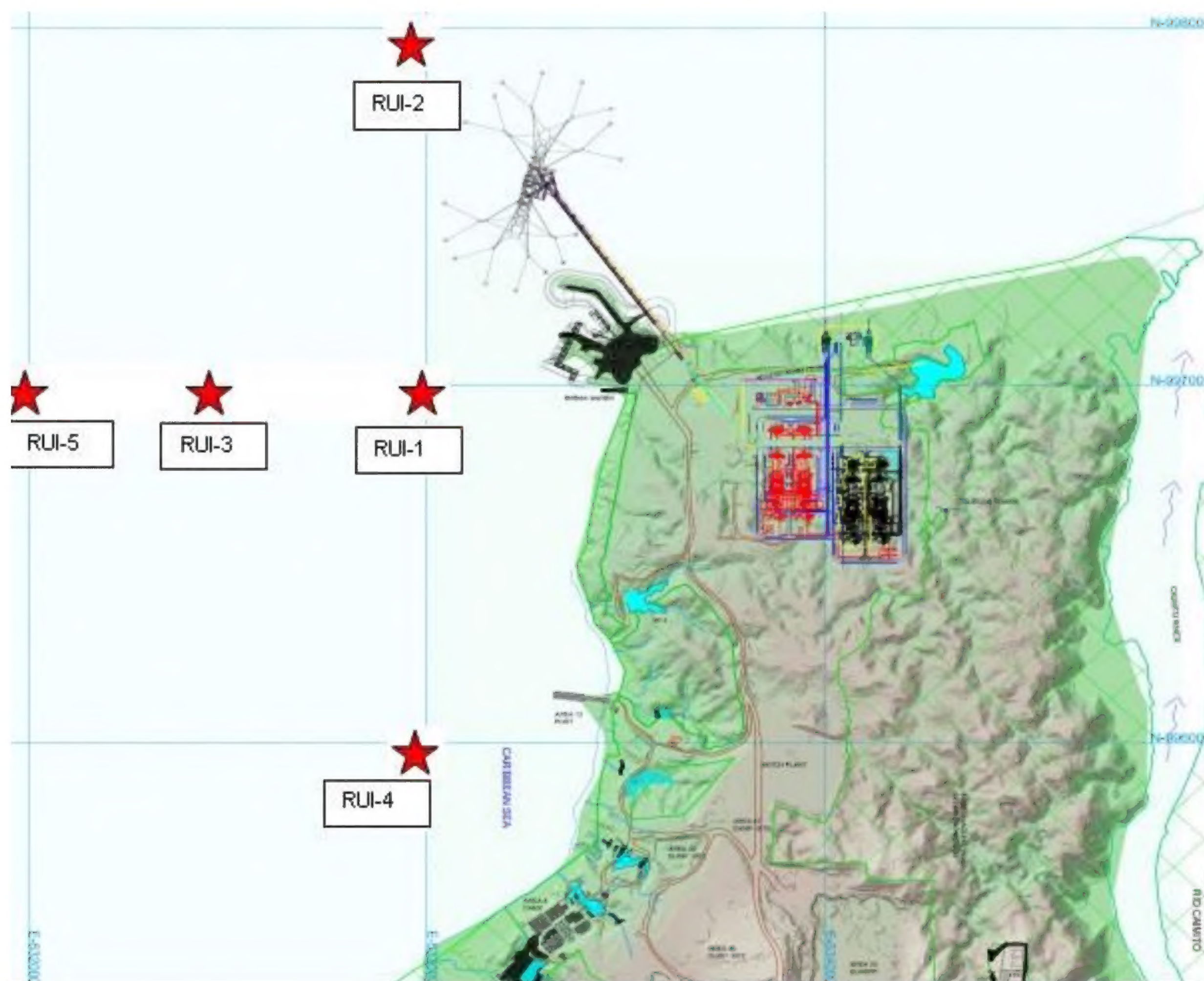
Sitios de Monitoreo

En el área de Punta Rincón, específicamente alrededor del sitio del puerto y de la planta de energía. Se ha identificado 5 sitios de monitoreo de ruido submarino (ver Figura 4) en las áreas cercanas a los sitios se necesita determinar las ubicaciones finales con base al diseño final de las instalaciones y al número de embarcaciones y tipos de tráfico de embarcaciones planeado. Las ubicaciones específicas estarán incluidas en un mapa y una tabla con coordenadas. Los sitios podrán ser administrados adaptativamente basado en una mejor comprensión de la distribución de los mamíferos marinos (y tortugas) y de los impactos acústicos.

Tabla 4. Sitios de Monitore de Ruido Submarino

#	Nombre	Coordenadas		Profundidad del Agua (m)
		Este	Norte	
1	RUI-1	533000	997000	10,0
2	RUI-2	533000	998000	18,0
3	RUI-3	532500	997000	15,0
4	RUI-4	533000	997000	6,0
5	RUI-5	532000	997000	20,0

Figura 4. Monitoreo de Ruido Submarino



Métodos de Monitoreo y Parámetros

Se debe llevar a cabo el monitoreo acústico con hidrófonos calibrados en la totalidad del rango de frecuencias de 150 Hz a 160 kHz (rango de audición de los cetáceos de frecuencia mediana) durante las actividades de marítimas del puerto para controlar la intensidad del sonido en un área alrededor del área de operaciones del puerto. Los receptores acústicos deben estar ubicados en el y dentro del área de operaciones, siempre que sea posible, para monitorear el ruido más cerca a sus fuentes, tal vez a centímetros de la(s) fuente(s), al igual que a una distancia intermedia – por ejemplo, a metros de la(s) fuente(s).

Manejo de datos e Informes

Semestralmente, se prepararán informes de los niveles de ruido en el área del puerto registrados por los receptores de monitoreo acústico, especialmente aquellos niveles relacionados con las operaciones del puerto. Este informe se presenta por separado al informe de Biota acuático.

2. Referencias

EcoMetrix. 2012. Baseline Environmental Effects Monitoring Programfor the Mina de Cobre Panama Project, República de Panamá. Informe elaborado para MPSA.

EC (Environment Canada). 2012. Metal Mining Technical Guidance for Environmental Effects Monitoring.

International Finance Corporation (IFC). 2008. IFC EHS Guidelines for Thermal Power Plants.

Ministerio de Comercio e Industrias. 1999. Reglamento Técnico- Agua, Agua Potable- Definiciones y Requisitos Generales. DGNT-COPANIT-23-395-99.

Ministerio de Comercio e Industrias.2000. Agua descarga de efluentes líquidos directamente a cuerpos y masas de agua superficiales y subterráneas. Dirección General de Normas y

Tecnología Industrial Reglamento Técnico. DGNTI - COPANIT 35 - 2000

Rogers C.S., Miller J., and R.Waara R. 2003.Tracking changes on a reef in the US Virgin Islands with videography and SONAR: a new approach. Proc 9th Int. Cor. Reef Symp. Bali, IndonEsIA 2: 1065-1071
